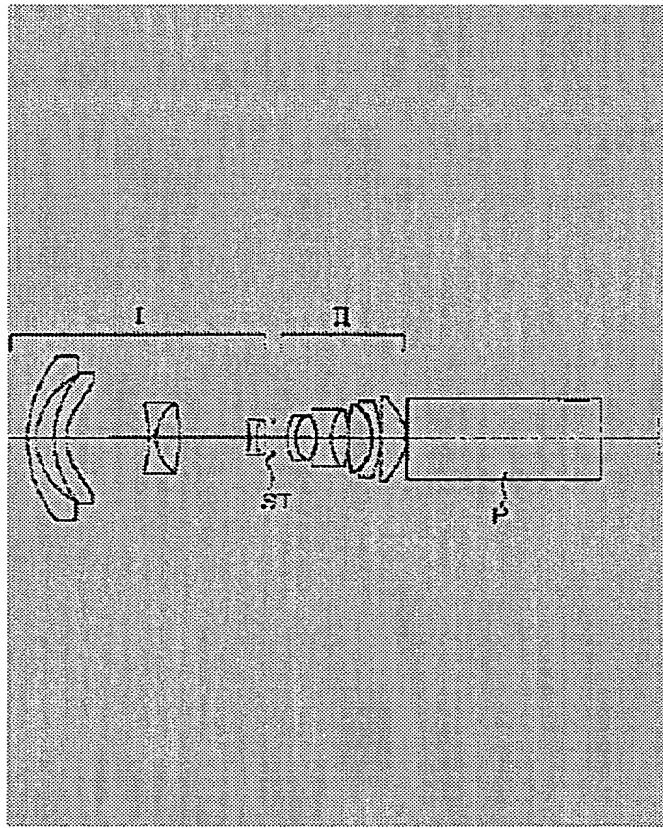


PROJECTING LENS

Patent number: JP2002131636
Publication date: 2002-05-09
Inventor: TOBIUCHI KUNIYUKI
Applicant: RICOH OPTICAL IND CO
Classification:
- international: G02B13/16; G02B13/04; G02B13/18; G02B13/22
- european:
Application number: JP20000325749 20001025
Priority number(s): JP20000325749 20001025

Abstract of JP2002131636

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a projecting lens keeping high resolving power though it has such a high viewing angle that a half viewing angle is ≥ 40 deg., necessary for the arrangement of a color synthesizing optical system and a color separating optical system, having long back focus and having high telecentricity. **SOLUTION:** In this projecting lens, a first lens group I having negative refractive power and a second lens group II having positive refractive power are arranged from an enlarging side to a reducing side, and an aperture diaphragm ST is not provided between the first and the second lens groups, then the first lens group I has at least one aspherical lens. The focal distance (f) of the entire system of the lens, the focal distance f1 of the first lens group and the back focus Bf set when a conjugate point on the enlarging side is infinity satisfy conditions: (1) $4.5 < Bf/f$ and (2) $-2.0 < f1/f < -1.0$.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-131636
(P2002-131636A)

(43)公開日 平成14年5月9日(2002.5.9)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
G 0 2 B 13/16		G 0 2 B 13/16	2 H 0 8 7
13/04		13/04	D
13/18		13/18	
13/22		13/22	

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 11 頁)

(21)出願番号	特願2000-325749(P2000-325749)	(71)出願人	000115728 リコー光学株式会社 岩手県花巻市大畑第10地割109番地
(22)出願日	平成12年10月25日(2000.10.25)	(72)発明者	飛内 邦幸 岩手県花巻市大畑第10地割109番地・リコ ー光学株式会社内
		(74)代理人	100067873 弁理士 横山 亨 (外1名) Fターム(参考) 2H087 KA06 LA03 NA02 NA08 PA08 PA09 PA10 PA16 PA20 PB13 PB14 QA02 QA07 QA17 QA22 QA25 QA26 QA32 QA34 QA41 QA46 RA05 RA12 RA13 RA32 RA41 UA01

(54)【発明の名称】 投射用レンズ

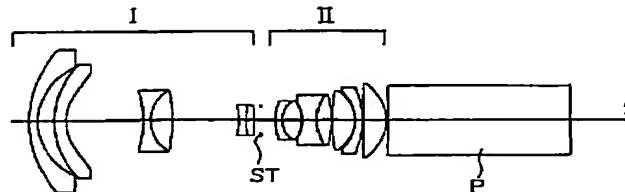
(57)【要約】

【課題】半画角40度以上の高画角でありながら高い解像力を維持し、色合成光学系・色分離光学系の配備に必要な、長いバックフォーカスを持ち、高いテレセントリック性を有する投射用レンズを実現する。

【解決手段】拡大側から縮小側に向かって、負の屈折力を持つ第1レンズ群I、正の屈折力を持つ第2レンズ群IIを配し、第1、第2レンズ群間に開口絞りSTを有していない、第1レンズ群Iは少なくとも1枚の非球面レンズを有し、レンズ全系の焦点距離：f、第1レンズ群の焦点距離：f₁、拡大側の共役点が無限遠の時のバックフォーカス：Bfが、条件：

$$(1) \quad 4.5 < Bf / f$$
$$(2) \quad -2.0 < f_1 / f < -1.0$$

を満足する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】拡大側から縮小側へ向かって順次、負の屈折力を持つ第1レンズ群、正の屈折力を持つ第2レンズ群を配し、第1、第2レンズ群間に開口絞りを有して成り、

上記第1レンズ群は、少なくとも1枚の非球面レンズを有し、

レンズ全系の焦点距離： f 、第1レンズ群の焦点距離： f_1 、拡大側の共役点が無限遠のときのバックフォーカス： B_f が、条件：

$$(1) \quad 4.5 < B_f / f$$

$$(2) \quad -2.0 < f_1 / f < -1.0$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項2】請求項1記載の投射用レンズにおいて、第1レンズ群が1枚の非球面プラスチックレンズを有し、この非球面プラスチックレンズの、d線に対する焦点距離： f_{1p} が、条件：

$$(3) \quad |f / f_{1p}| < 0.15$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項3】請求項1または2記載の投射用レンズにおいて、

開口絞りが、第2レンズ群の拡大側の焦点位置近傍に配置されたことを特徴とする投射用レンズ。

【請求項4】請求項1または2または3記載の投射用レンズにおいて、

第1レンズ群は、負の屈折力を持つガラスレンズと正の屈折力を持つガラスレンズを貼り合せ、全体として負の屈折力を持つ接合レンズを1組以上有し、上記接合レンズにおける正・負何れのガラスレンズも、d線に対する屈折率： n_f が、条件：

$$(4) \quad n_f > 1.65$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項5】請求項1～4の任意の1に記載の投射用レンズにおいて、

第2レンズ群は、少なくとも2枚の、正の屈折力を持つレンズを有し、これら正の屈折力を持つレンズを、縮小側から数えたとき、1番目と2番目のレンズのアッペル数： v が、条件：

$$(5) \quad v > 5.7$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項6】請求項1～5の任意の1に記載の投射用レンズにおいて、

第2レンズ群の有する、正の屈折力を持つ各レンズの、d線に対する屈折率： n_r が、条件：

$$(6) \quad n_r < 1.6$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項7】請求項1～6の任意の1に記載の投射用レンズにおいて、

第2レンズ群は、ガラスレンズのレンズ面に薄い樹脂層が形成され、この樹脂層の空気と接触する面が非球面形

状であるハイブリッドレンズを少なくとも1枚有することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項8】請求項1～6の任意の1に記載の投射用レンズにおいて、

第2レンズ群が、プラスチックを材料とする非球面レンズを少くとも1枚有し、上記プラスチックを材料とする非球面レンズのd線に対する焦点距離： f_{2p} が、条件：

$$(7) \quad |f / f_{2p}| < 0.1$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項9】請求項1～8の任意の1に記載の投射用レンズにおいて、

第2レンズ群は、縮小側より順に、縮小側に大きい曲率をもつ正レンズ、負レンズ系、縮小側に大きい曲率をもつ正レンズを有し、

上記負レンズ系とその拡大側の正レンズは、互いに接合されもしくは空気間隔を有することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項10】請求項9記載の投射用レンズにおいて、負レンズ系が、拡大側に大きい曲率をもつ負の単レンズであることを特徴とする投射用レンズ。

【請求項11】請求項9記載の投射用レンズにおいて、負レンズ系が、両凸レンズと、この両凸レンズの拡大側に配置され、拡大側に大きい曲率をもつ負レンズで構成されることを特徴とする投射用レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、原画像をスクリーンに拡大投射する投射用レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】液晶パネル等に表示された画像を、スクリーン等の表示媒体上に拡大投影する液晶プロジェクタが、ビデオ再生画像やコンピュータのデータ等の表示用として近来広く普及している。

【0003】なかでも、赤・緑・青の各色画像を独立した3枚の液晶パネル（液晶ライトバルブ等）に表示し、各色画像を合成してカラー画像として拡大表示する「3板式液晶プロジェクタ」は、表示媒体上に表示されるカラー画像が高精細であることから普及率が高まっている。

【0004】3板式液晶プロジェクタでは一般に、色分離光学系により白色光源からの光を赤・緑・青の各色に分離して各液晶パネルへ導き、各液晶パネルから射出する光（各液晶パネルに表示された画像により2次元的に強度変調されている）を色合成光学系により合成して投射用レンズに入射させるようになっており、その構成上、投射用レンズと液晶パネルの間に「プリズム等からなる色合成光学系」が配置されることになる。

【0005】このため、3板式液晶プロジェクタに用いられる投射用レンズには、色合成光学系の配置に必要な長いバックフォーカスが必要とされる。特に、開口効率

の大きい「反射式の液晶パネル」を用いるプロジェクタでは、色分離光学系も投射用レンズと液晶パネルの間に挿入・配置されるため「より長いバックフォーカス」が必要となる。

【0006】液晶パネルから色合成光学系に入射する光束の角度が変化すると、それに応じて、色合成光学系の分光透過率が変化し、投影されたカラー画像における各色の明るさが画角により変化して見づらい画像になる。

【0007】このため、投射用レンズは、主光線の角度が縮小側で光軸と略平行になるテレセントリックな性質を持つことが好ましい。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、半画角40度以上の高画角でありながら、高い解像力を維持し、色合成光学系・色分離光学系の配備に十分な長いバックフォーカスを持ち、なおかつ高いテレセントリック性を有する投射用レンズの実現を課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明の投射用レンズは、図1に例示するように、拡大側(図1の左方)から縮小側へ向かって順次、負の屈折力を持つ第1レンズ群Iと、正の屈折力を持つ第2レンズ群IIとを配し、第1、第2レンズ群間に開口絞りSTを有して成る。第1レンズ群が負の屈折力、第2レンズ群が正の屈折力を有するので、この投射用レンズは、拡大側から見て「レトロフォーカス型」である。

【0010】第1レンズ群Iは、少なくとも1枚の非球面レンズを有する。

レンズ全系の焦点距離：f、第1レンズ群の焦点距離：f₁、拡大側の共役点が無限遠のときのバックフォーカス：Bfは、条件：

$$(1) \quad 4.5 < Bf / f \\ (2) \quad -2.0 < f_1 / f < -1.0$$

を満足する(請求項1)。

【0011】請求項2記載の投射用レンズは、請求項1記載の投射用レンズにおいて、第1レンズ群が1枚のプラスチック非球面レンズを有し、このプラスチック非球面レンズのd線に対する焦点距離：f_{1p}が、条件：

$$(3) \quad |f / f_{1p}| < 0.15$$

を満足することを特徴とする。

【0012】請求項3記載の投射用レンズは、請求項1または2記載の投射用レンズにおいて、開口絞りを「第2レンズ群の拡大側の焦点位置近傍」に配置したことを特徴とする。

【0013】請求項4記載の投射用レンズは、請求項1または2または3記載の投射用レンズにおいて、第1レンズ群が「負の屈折力を持つガラスレンズと正の屈折力を持つガラスレンズを貼り合せ、全体として負の屈折力を持つ接合レンズ」を1組以上有し、各接合レンズにおける正・負何れのガラスレンズも、d線に対する屈折

率：nfが、条件：

$$(4) \quad nf > 1.65$$

を満足することを特徴とする。

【0014】請求項5記載の投射用レンズは、請求項1～4の任意の1に記載の投射用レンズにおいて、第2レンズ群が「少なくとも2枚の、正の屈折力を持つレンズ」を有し、これら正の屈折力を持つレンズを、縮小側から数えたとき、1番目と2番目のレンズのアッペ数：vが、条件：

$$(5) \quad v > 5.7$$

を満足することを特徴とする。

【0015】第2レンズ群は正の屈折力を持つから、当然に、1枚以上の「正の屈折力を持つレンズ」を有する。請求項6記載の投射用レンズは、請求項1～5の任意の1に記載の投射用レンズにおいて、第2レンズ群の有する「正の屈折力を持つ各レンズ」のd線に対する屈折率：nrが、条件：

$$(6) \quad nr < 1.6$$

を満足することを特徴とする。

【0016】請求項7記載の投射用レンズは、請求項1～6の任意の1に記載の投射用レンズにおいて、第2レンズ群が「ガラスレンズのレンズ面に薄い樹脂層が形成され、この樹脂層の空気と接触する面が非球面形状であるハイブリッドレンズ」を少なくとも1枚有することを特徴とする。

【0017】請求項8記載の投射用レンズは、請求項1～6の任意の1に記載の投射用レンズにおいて、第2レンズ群が「プラスチックを材料とする非球面レンズ」を少なくとも1枚有し、この「プラスチックを材料とする非球面レンズ」のd線に対する焦点距離：f_{2p}が、条件：

$$(7) \quad |f / f_{2p}| < 0.1$$

を満足することを特徴とする。

【0018】請求項9記載の投射用レンズは、請求項1～8の任意の1に記載の投射用レンズにおいて、第2レンズ群が「縮小側より順に、縮小側に大きい曲率をもつ正レンズ、負レンズ系、縮小側に大きい曲率をもつ正レンズ」を有し、上記負レンズ系とその拡大側の正レンズが「互いに接合されもしくは空気間隔を有する」ことを特徴とする。

【0019】この場合、負レンズ系は「拡大側に大きい曲率をもつ負の単レンズ」であることもできるし(請求項10)、「両凸レンズと、この両凸レンズの拡大側に配置され、拡大側に大きい曲率をもつ負レンズ」で構成することもできる(請求項11)。

【0020】この発明の投射用レンズは、長いバックフォーカスを持たせるため、拡大側に負の屈折力を持つ第1レンズ群I、縮小側に正の屈折力を持つ第2レンズ群IIを配し、拡大側から見た第1、第2レンズ群の屈折

力の分布が「負・正」である「レトロフォーカスレン

ズ」構成としている。

【0021】条件式(1)は、3板式液晶プロジェクタの投射用レンズに必要に十分なバックフォーカスと、大きな画角を両立させるためのものである。

【0022】レンズ径の増大を抑えつつ画角を大きくしようとすると、全系の焦点距離： f は自ずと制限され、 f を自由に大きくすることはできない。

【0023】所望の「大きな画角」を保持しつつパラメータ： Bf/f が条件式(1)の下限を超えると、バックフォーカス： Bf が短くなり、投射用レンズと液晶パネルの間にプリズム等の色合成光学系・色分離光学系の配置が困難になる。

【0024】一般に、レトロフォーカス型レンズの「第1レンズ群と第2レンズ群の主点間隔」を d とすると、全系の焦点距離： f に対するバックフォーカス： Bf の比は、第1レンズ群の焦点距離： $f_1 (< 0)$ と上記主点間隔： d を用いて、

$$(a) \quad Bf/f = 1 - d/f_1$$

と表される。従って、 $|f_1|$ の値が小さくなると、バックフォーカス： Bf の値は大きくなる。

【0025】条件式(2)は、十分に長いバックフォーカスと、良好な光学性能を両立するためのものである。パラメータ： f_1/f が条件式(2)の下限を越えると、第1レンズ群の負の屈折力が小さくなつて「レトロフォーカス性」が弱くなり、長いバックフォーカスを得るのが困難になる。また、パラメータ： f_1/f が条件式(2)の上限を越えると、第1レンズ群の負の屈折力が過大になり、コマ収差、像面湾曲等の軸外収差を良好に保つのが困難になる。

【0026】上記式(a)から分かるように、第1レンズ群と第2レンズ群の主点間隔： d を大きくすると長いバックフォーカスを得ることができる、反面、拡大側のレンズが大きくなり、一般に行われている「レトロフォーカス型レンズの歪曲収差補正を担う正の屈折力のレンズ」を配置することが困難となる。

【0027】この発明の投射レンズは、第1レンズ群に非球面レンズを含めることにより、前述の「正の屈折力のレンズ」を用いずに歪曲収差を適切に補正している。

【0028】第1レンズ群内の非球面レンズは、安価で成形の容易なプラスチックを材料とするプラスチック非球面レンズとすることが望ましい。

【0029】しかし、プラスチックレンズは、光学ガラスに比して温度変化による焦点距離の変化が大きい。

【0030】リア型の液晶プロジェクタにおいて、投射用レンズは設置された後、完全に筐体内に収められるので、ピント・倍率の再調整が難しく、焦点距離変化による画像の劣化には十分配慮する必要がある。

【0031】条件式(3)は、非球面プラスチックレンズの「温度による焦点距離変化の度合い」を規制するものである。パラメータ： $|f/f_{1p}|$ が、条件式(3)

の上限を超えると、焦点距離： f_{1p} が温度変化に伴ない変化したときに「画像の倍率」が大きく変化し、大きなピントずれが生じて好ましくない。

【0032】第1、第2レンズ群間に配置される開口絞りの配置位置を、請求項3記載のように、第2レンズ群の拡大側焦点位置近傍に設定することにより、高いテレスコピック性を確保すると共に、高い開口効率を実現できる。

【0033】請求項4記載の投射用レンズのように、第1レンズ群内に「接合レンズ」を含め、接合レンズを「分散の異なる2つのガラスレンズの張り合わせ」で構成することにより、軸上色収差の良好な補正が可能になる。

【0034】第1レンズ群内の接合レンズは、長いバックフォーカスを得るため屈折力を負とする。このようにすると、ペッツバール和が負に増加し像面の平坦性を保つことが難しくなるので、接合レンズを構成する正・負何れのレンズも「 d 線に対する屈折率： n_f 」を1.65より大きくすることで、ペッツバール和が負に増加することを防ぎ、像面の平坦性を保つことを可能としている。

【0035】液晶パネルから投射用レンズに入射する軸外の主光線は、高いテレスコピック性をもつため、第2レンズ群内の縮小側に配置された正の屈折力を持つレンズにより大きく光軸方向に曲げられるが、このとき、光線の「波長の違いによる曲がる度合いの差」が大きいと倍率色収差が発生する。

【0036】そこで、請求項5記載の投射用レンズでは、第2レンズ群内の縮小側に配置された「少なくとも2枚の正レンズ」のアッベ数を適切に選び（条件式(5)）、倍率色収差の発生を抑えている。

【0037】条件式(6)は、像面の平坦性を確保するためのものである。

【0038】パラメータ： n_r が上限を超えると、第2レンズ群内の正の屈折力を持つレンズの屈折率が大きくなり、それに伴ない、レンズ面の曲率は小さくなるので、投射用レンズのペッツバール和は負に増加することになり、像面の平坦性を保つことが困難となる。

【0039】この発明の投射用レンズでは、第2レンズ群内に少なくとも1枚に非球面を採用することによって、球面収差、コマ収差、非点収差を、少ないレンズ枚数で補正することが可能である。

【0040】請求項7記載の投射用レンズでは、第2レンズ群内の非球面レンズを、ガラスレンズのレンズ面に薄い樹脂層を形成し、この樹脂層の空気と接触する面を非球面とした「ハイブリッド型の非球面レンズ」とし、温度変化に対し特性変動の少ない投射用レンズを実現している。

【0041】請求項8記載の投射用レンズでは、第2レンズ群内にプラスチックを材料とする非球面レンズを配

7

置し、さらに、条件式(7)を満足することで温度変化に対し安定した像性能を持つことを可能にした。

【0042】パラメータ： $|f/f_{2p}|$ が、条件式(7)の上限を超えると、焦点距離： f_{2p} が温度変化に伴ない変化したときに「画像の倍率」が大きく変化し、大きなピントずれが生じて好ましくない。

【0043】請求項9ないし11記載の投射用レンズでは、第2レンズ群が「縮小側より順に、縮小側に大きい曲率をもつ正レンズ、拡大側に大きい曲率をもつ負レンズ系、縮小側に大きい曲率をもつ正レンズ」を有することにより、倍率色収差、コマ収差、非点収差を良好に補正している。

【0044】

【発明の実施の形態】以下、具体的な実施の形態として、実施例を6例挙げる。各実施例において、「S」により拡大側から数えた面番号を表し、「R」により各面（開口絞りSTの面および色合成・分離系のプリズムPの面を含む）の曲率半径（非球面にあっては近軸曲率半径）を表し、「D」により光軸上の面間隔を表す。

【0045】「Nd」及び「νd」により、各レンズの材質の、d線に対する屈折率とアッペ数を示す。「f」は投射用レンズの焦点距離、「F/N_o」は明るさを表すF値、「ω」は半画角、「obd」は物体からレンズ第一面までの距離、「bf」は空气中（プリズムのない状態）でのバックフォーカスを表す。なお、長さの次元を持つ量の単位は「mm」である。

【0046】非球面の形状は、光軸との交点を原点とし、光軸に対する高さ：h、光軸方向の変移：Z、近軸曲率半径：R、円錐定数：K、高次項の非球面係数：

A、B、C、D、Eとして、周知の式：

$$Z = (1/R) \cdot h^2 / [1 + \sqrt{1 - (1+K) \cdot (1/R)^2 \cdot h^2}] + A \cdot h^4 + B \cdot h^6 + C \cdot h^8 + D \cdot h^{10} + E \cdot h^{12}$$

で表し、上記R、K、A、B、C、D、Eを与えて特定する。

【0047】

【実施例】実施例1

図2に、実施例1の投射レンズのレンズ構成を示す。拡大側（図面左侧）から負の屈折力を持つ第1レンズ群I、開口絞りST、正の屈折力を持つ第2レンズ群IIを配した構成である。

【0048】 $f = 10.5$ 、 $F/N_o = 2.9$ 、 $\omega = 40.2$ 度、 $obd = 873.47$ 、 $bf = 50.02$

S	R	D	Nd	νd
1	52.688	3.600	1.65844	50.9
2	27.229	7.428		
3	44.957	5.000	1.49154	57.8
4	19.755	40.800		
5	-23.504	3.353	1.77250	49.6
6	-21.443	5.641		
7	-17.164	4.400	1.65844	50.9

			8	
8	15.910	6.000	1.69895	30.1
9	-44.104	8.000		
10	∞(絞り)	0.300		
11	76.916	3.000	1.74330	49.2
12	12.067	5.238	1.59270	35.5
13	-95.589	9.800		
14	-487.450	6.000	1.83400	37.3
15	21.783	9.150	1.48749	70.4
16	-20.959	0.300		
17	-841.689	8.052	1.58313	59.5
18	-19.403	0.300		
19	-21.441	3.000	1.80450	39.6
20	370.814	0.140	1.52020	52.0
21	-78672.130	0.448		
22	54.736	10.049	1.51680	64.2
23	-27.772	1.000		
24	∞	80.000	1.83400	37.3
25	∞	5.527		

第24面及び第25面は、プリズムPの拡大側および縮小側の面である。

【0049】非球面

第4面：

$$K = -0.491036, A = -0.123319 \times 10^{-4}, B = -0.147551 \times 10^{-8}, C = -0.421984 \times 10^{-10}, D = 0.322017 \times 10^{-13}, E = -0.148201 \times 10^{-16}$$

第21面（ハイブリッドレンズの樹脂層の表面）：

$$K = -0.61239 \times 10^{13}, A = 0.668855 \times 10^{-5}, B = 0.497968 \times 10^{-8}, C = -0.203070 \times 10^{-10}, D = 0.136449 \times 10^{-12}, E = -0.267955 \times 10^{-15}$$

30 条件式の値

- (1) $Bf/f = 4.76$
- (2) $f_1/f = -1.94$
- (3) $|f/f_{1p}| = 0.14$
- (4) $n_f = 1.65844$
- (5) $\nu = 59.5$
- (6) $n_r = 1.58313$

条件式(4)、(5)の値は、対象となる数値の中で最も小さい値を、条件式(6)は最も大きい値を表示している。以下の各実施例においても同様である。図8、9

40 に、実施例1の投射用レンズを縮小側で評価した収差図を示す。基準波長は「546nmのe線」としている。非点収差図におけるSはサジタル像面、Mはメリディオナル像面の場合を示している。他の収差図においても同様である。

【0050】実施例2

図3に、実施例2の投射レンズのレンズ構成を、図2に倣って示す。

【0051】 $f = 10.2$ 、 $F/N_o = 2.9$ 、 $\omega = 40.7$ 度、 $obd = 853.53$ 、 $bf = 59.94$

50	S	R	D	Nd	νd

	9				10			
	S	R	D	Nd	v d			
1	57.470	3.600	1.65844	50.9	1	67.413	3.600	1.65844
2	29.323	8.236			2	29.538	9.190	
3	50.000	5.000	1.49154	57.8	3	54.269	5.000	1.49154
4	21.857	27.023			4	22.691	63.410	
5	-34.624	3.000	1.77250	49.6	5	-52.071	3.140	1.77250
6	-45.571	33.682			6	-37.020	0.955	
7	-17.951	3.000	1.65844	50.9	7	-20.387	3.000	1.74330
8	14.090	6.136	1.69895	30.1	8	14.649	4.624	1.80518
9	-32.362	4.568			9	-97.339	0.588	
10	∞(絞り)	5.831			10	∞(絞り)	11.728	
11	42.882	3.000	1.74330	49.2	11	49.859	3.000	1.74330
12	11.792	8.011	1.59270	35.5	12	13.732	7.979	1.59270
13	-26.124	0.922			13	-19.141	0.594	
14	-20.711	6.000	1.83400	37.3	14	-18.308	6.000	1.83400
15	28.563	8.909	1.49700	81.6	15	26.888	8.628	1.48749
16	-20.450	0.300			16	-24.680	0.367	
17	11800.357	8.465	1.48749	70.4	17	285.287	8.264	1.49700
18	-19.634	0.300			18	-22.339	0.300	
19	-22.844	3.000	1.80450	39.6	19	-26.683	3.000	1.80450
20	-272.635	0.140	1.52020	52.0	20	-182.090	0.140	1.52020
21	-122.828	0.304			21	-119.714	0.449	
22	94.236	10.573	1.49700	81.6	22	97.824	11.045	1.49700
23	-24.588	1.000			23	-25.054	1.000	
24	∞	80.000	1.83400	37.3	24	∞	80.000	1.83400
25	∞	15.474			25	∞	22.467	

第24面及び第25面は、プリズムPの拡大側および縮小側の面である。

【0052】非球面

第4面：

$$K = -0.593166, A = -0.105994 \times 10^{-4}, B = 0.247284 \times 10^{-8}, C = -0.383224 \times 10^{-10}, D = 0.361966 \times 10^{-13}, E = -0.148980 \times 10^{-16}$$

第21面（ハイブリッドレンズの樹脂層の表面）：

$$K = -40.608663, A = 0.668864 \times 10^{-5}, B = 0.128436 \times 10^{-7}, C = -0.202201 \times 10^{-10}, D = 0.693164 \times 10^{-13}, E = -0.165116 \times 10^{-15}$$

条件式の値

- (1) $B f / f = 5.86$
- (2) $f_1 / f = -1.95$
- (3) $|f / f_{1p}| = 0.12$
- (4) $n f = 1.65844$
- (5) $v = 70.4$
- (6) $n r = 1.49700$

図10, 11に、実施例2の投射用レンズを縮小側で評価した収差図を示す。

【0053】実施例3

図4に、実施例3の投射レンズのレンズ構成を、図2に倣って示す。

【0054】 $f = 10.2, F/N_o = 2.9, \omega = 4$

1. 1度、 $o b d = 841.52, b f = 66.95$

30 第4面：

$$K = -0.584709, A = -0.103901 \times 10^{-4}, B = 0.574548 \times 10^{-8}, C = -0.334481 \times 10^{-10}, D = 0.380006 \times 10^{-13}, E = -0.220860 \times 10^{-16}$$

第21面（ハイブリッドレンズの樹脂層の表面）：

$$K = -24.133520, A = 0.638716 \times 10^{-5}, B = 0.126009 \times 10^{-7}, C = -0.256845 \times 10^{-10}, D = 0.678583 \times 10^{-13}, E = -0.961669 \times 10^{-16}$$

条件式の値

- (1) $B f / f = 6.60$
- (2) $f_1 / f = -1.38$
- (3) $|f / f_{1p}| = 0.12$
- (4) $n f = 1.74330$
- (5) $v = 81.6$
- (6) $n r = 1.49700$

図12, 13に、実施例3の投射用レンズを縮小側で評価した収差図を示す。

【0056】実施例4

図5に、実施例4の投射レンズのレンズ構成を、図2に倣って示す。

【0057】 $f = 10.2, F/N_o = 2.9, \omega = 4$

II

S	R	D	Nd	v d
1	62.664	3.600	1.65844	50.9
2	32.506	7.457		
3	47.174	5.000	1.49154	57.8
4	24.443	34.385		
5	-53.992	3.000	1.77250	49.6
6	19.392	9.775	1.69895	30.1
7	-94.188	29.258		
8	-32.067	3.000	1.74330	49.2
9	42.868	3.667	1.80518	25.5
10	-469.457	3.102		
11	∞ (絞り)	6.108		
12	31.658	3.000	1.74330	49.2
13	13.649	8.325	1.59270	35.5
14	-19.578	0.556		
15	-19.075	6.000	1.83400	37.3
16	25.376	6.704	1.48749	70.4
17	-54.996	0.362		
18	114.809	9.596	1.49700	81.6
19	-20.337	0.300		
20	-22.434	3.187	1.80450	39.6
21	-43.995	0.140	1.52020	52.0
22	-37.313	0.319		
23	-1118.073	10.157	1.49700	81.6
24	-25.491	1.000		
25	∞	80.000	1.83400	37.3
26	∞	24.216		

第25面及び第26面は、プリズムPの拡大側および縮小側の面である。

【0058】非球面

第4面：

$K = -0.461683$ 、 $A = -0.816116 \times 10^{-5}$ 、 $B = 0.513609 \times 10^{-8}$ 、 $C = -0.341545 \times 10^{-10}$ 、 $D = 0.386224 \times 10^{-13}$ 、 $E = -0.194862 \times 10^{-16}$

第22面(ハイブリッドレンズの樹脂層の表面)：

$K = -1.797504$ 、 $A = 0.418090 \times 10^{-5}$ 、 $B = 0.115048 \times 10^{-7}$ 、 $C = -0.167059 \times 10^{-10}$ 、 $D = 0.925131 \times 10^{-13}$ 、 $E = -0.154977 \times 10^{-15}$

条件式の値

- (1) $B f / f = 6.77$
- (2) $f_1 / f = -1.03$
- (3) $|f / f_{1p}| = 0.09$
- (4) $n f = 1.69895$
- (5) $v = 81.6$
- (6) $n r = 1.49700$

図14、15に、実施例4の投射用レンズを縮小側で評価した収差図を示す。

【0059】実施例5

図6に、実施例5の投射レンズのレンズ構成を、図2に

倣って示す。

【0060】第2レンズ群内の縮小側から2番目の負レンズ(ハイブリッドレンズ)と3番目の正レンズは接合されている。

【0061】 $f = 10.2$ 、 $F/N = 2.9$ 、 $\omega = 4$

1. 1度、 $o b d = 837.04$ 、 $b f = 69.43$

S	R	D	Nd	v d
1	78.698	3.600	1.65844	50.9
2	32.302	4.557		
3	38.447	5.000	1.49154	57.8
4	26.748	29.454		
5	-63.345	3.000	1.77250	49.6
6	20.004	11.335	1.69895	30.1
7	-142.527	36.000		
8	-25.245	3.000	1.74330	49.2
9	55.966	3.666	1.80518	25.5
10	-103.928	2.940		
11	∞ (絞り)	6.023		
12	36.425	3.000	1.74330	49.2
13	13.852	8.279	1.59270	35.5
14	-21.943	0.300		
15	-23.945	6.000	1.83400	37.3
16	24.035	6.618	1.48749	70.4
17	-73.104	0.300		
18	93.571	9.628	1.49700	81.6
19	-19.951	3.118	1.80450	39.6
20	-37.118	0.140	1.52020	52.0
21	-31.979	0.300		
22	-198.147	10.734	1.49700	81.6
23	-23.636	1.000		
24	∞	80.000	1.83400	37.3
25	∞	24.954		

第24面及び第25面は、プリズムPの拡大側および縮小側の面である。

【0062】非球面

第4面：

$K = -0.391352$ 、 $A = -0.851556 \times 10^{-5}$ 、 $B = 0.454772 \times 10^{-8}$ 、 $C = -0.288305 \times 10^{-10}$ 、 $D = 0.323527 \times 10^{-13}$ 、 $E = -0.153315 \times 10^{-16}$

40 第21面(ハイブリッドレンズの樹脂層の表面)：

$K = -1.437959$ 、 $A = 0.397248 \times 10^{-5}$ 、 $B = 0.137357 \times 10^{-7}$ 、 $C = -0.105581 \times 10^{-10}$ 、 $D = 0.127601 \times 10^{-12}$ 、 $E = -0.204259 \times 10^{-15}$

条件式の値

- (1) $B f / f = 6.84$
- (2) $f_1 / f = -1.07$
- (3) $|f / f_{1p}| = 0.05$
- (4) $n f = 1.69895$
- (5) $v = 81.6$
- (6) $n r = 1.49700$

図16、17に、実施例5の投射用レンズを縮小側で評価した収差図を示す。

【0063】実施例6

図7に、実施例6の投射レンズのレンズ構成を、図2に倣つて示す。

【0064】第2レンズ群内には、プラスチックを材料とする1枚の非球面レンズ（縮小側から2枚目の両凸レンズ）が配置されている。

【0065】 $f = 10.5$ 、 $F/N \circ = 2.9$ 、 $\omega = 40.3$ 度、 $obd = 870.00$ 、 $b_f = 53.49$

S	R	D	Nd	vd
1	57.465	3.600	1.65844	50.9
2	28.337	5.139		
3	38.755	5.000	1.49154	57.8
4	21.705	19.680		
5	-33.220	3.000	1.77250	49.6
6	-59.074	34.218		
7	-16.777	3.000	1.65844	50.9
8	14.209	5.166	1.69895	30.1
9	-39.964	1.449		
10	∞ (絞り)	0.300		
11	51.250	3.000	1.74330	49.2
12	12.920	5.375	1.59270	35.5
13	-85.645	11.362		
14	-318.252	6.000	1.83400	37.3
15	22.158	8.885	1.48749	70.4
16	-27.190	0.300		
17	92.053	8.885	1.49700	81.6
18	-21.445	0.300		
19	-26.133	3.000	1.80450	39.6
20	-235.287	0.300		
21	230.483	4.100	1.49154	57.8
22	-129.260	0.300		
23	-397.916	7.639	1.49700	81.6
24	-27.932	1.000		
25	∞	80.000	1.83400	37.3
26	∞	9.000		

第25面及び第26面は、プリズムPの拡大側および縮小側の面である。

【0066】非球面

第4面：

$$K = -0.605096, A = -0.119305 \times 10^{-4}, B = -0.101656 \times 10^{-7}, C = -0.248655 \times 10^{-10}, D = -0.299890 \times 10^{-15}, E = 0.280185 \times 10^{-16}$$

第22面（縮小側から2枚目の両凸レンズの縮小側面）：

$$K = -53.290851, A = 0.190738 \times 10^{-5}, B = 0.903260 \times 10^{-8}, C = -0.225838 \times 10^{-10}, D = 0.338009 \times 10^{-14}, E = 0.382932 \times 10^{-16}$$

条件式の値

- (1) $B_f/f = 5.12$
- (2) $f_1/f = -1.29$
- (3) $|f/f_{1p}| = 0.09$
- (4) $n_f = 1.65844$
- (5) $v = 57.8$
- (6) $n_r = 1.49700$
- (7) $|f/f_{2p}| = 0.06$

図18、19に、実施例6の投射用レンズを縮小側で評価した収差図を示す。

10 【0067】上に挙げた実施例1～6の投射用レンズは何れも、拡大側から縮小側に向かって順次、負の屈折力をを持つ第1レンズ群I、正の屈折力を持つ第2レンズ群IIを配し、第1、第2レンズ群間に開口絞りSTを有する。

【0068】第1レンズ群Iには少なくとも1枚の非球面レンズ（各実施例とも拡大側から2番目が非球面レンズ）が配置され、投射レンズ全系の焦点距離：f、第1レンズ群の焦点距離：f₁、拡大側の共役点が無限遠の時のバックフォーカス：B_fが条件：

- 20 (1) $4.5 < B_f/f < 5$
- (2) $-2.0 < f_1/f < -1.0$

を満足する（請求項1）。

【0069】また、第1レンズ群I内に配置された非球面プラスチックレンズ（各実施例とも拡大側から2番目のレンズ）のd線に対する焦点距離：f_{1p}と上記全系の焦点距離：fとは、条件：

$$(3) |f/f_{1p}| < 0.15$$

を満足し（請求項2）、開口絞りSTは、第2レンズ群IIの拡大側（スクリーン側）の焦点位置近傍に配置さ

れている（請求項3）。

【0070】実施例1～6は何れも、第1レンズ群内に負の屈折力を持つガラスレンズと正の屈折力を持つガラスレンズを貼り合せ「全体として負の屈折力を持つ接合レンズ」が1枚以上配置され（実施例1～3, 6では1枚、実施例4, 5では2枚）、正・負何れのガラスレンズもd線に対する屈折率：n_fが、条件：

$$(4) n_f > 1.65$$

を満足している（請求項4）。

【0071】また、実施例1～6の投射用レンズは何れも、第2レンズ群内に少なくとも2枚の正の屈折力を持つレンズが配置され、縮小側から数えて1番目、2番目の正レンズのアッペ数：vが、条件：

$$(5) v > 57$$

を満足し（請求項5）、d線に対する屈折率：n_rは、条件：

$$(6) n_r < 1.6$$

を満足している（請求項6）。

【0072】実施例1～5の投射用レンズは、第2レンズ群にガラスレンズのレンズ面に薄い樹脂層が形成され、空気と接触する面が非球面形状である、ハイブリッ

ドレンズ（各実施例とも縮小側から2番目のレンズ）を有し（請求項7）、実施例6の投射用レンズは、第2レンズ群内に1枚のプラスチックを材料とする非球面レンズ（拡大側から2番目）が配置され、そのd線に対する焦点距離： f_{2D} は、条件：

$$(7) \quad |f/f_{2D}| < 0.1$$

を満足している（請求項8）。

【0073】図2～7に示すように、実施例1～6の投射用レンズの第2レンズ群IIは、縮小側より順に、縮小側に大きい曲率をもつ正レンズ、負レンズ系、縮小側に大きい曲率をもつ正レンズが配置されている（請求項9）。実施例1ないし5では、負レンズ系は「拡大側に大きな曲率を持つ負の単レンズであり、この負レンズ系は、実施例1ないし4では拡大側の正レンズとの間に空気間隙を有し、実施例5では拡大側の正レンズと張り合わせられている（請求項10）。また、実施例6では、上記負レンズ系は「両凸レンズと、この両凸レンズの拡大側に配置され、拡大側に大きい曲率をもつ負レンズ」で構成されている（請求項11）。

【0074】

【発明の効果】以上に説明したように、この発明によれば、各実施例に示すように、半画角40度以上の高画角で、高い解像力を維持し、長いバックフォーカス、高いテレセントリック性を有する投射レンズを実現できる。

【0075】この発明の投射用レンズは特に、液晶パネルと投射用レンズの間に色合成光学系・色分離光学系を配備する反射式液晶プロジェクタに搭載することが容易であり、反射式液晶プロジェクタの特徴である「開口効

率の大きな明るく、質の高い映像」を実現することが可能となる。

【0076】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の投射レンズを説明する図である。

【図2】実施例1のレンズ構成を示す図である。

【図3】実施例2のレンズ構成を示す図である。

【図4】実施例3のレンズ構成を示す図である。

【図5】実施例4のレンズ構成を示す図である。

【図6】実施例5のレンズ構成を示す図である。

【図7】実施例6のレンズ構成を示す図である。

【図8】実施例1に関する収差図である。

【図9】実施例1に関する収差図である。

【図10】実施例2に関する収差図である。

【図11】実施例2に関する収差図である。

【図12】実施例3に関する収差図である。

【図13】実施例3に関する収差図である。

【図14】実施例4に関する収差図である。

【図15】実施例4に関する収差図である。

【図16】実施例5に関する収差図である。

【図17】実施例5に関する収差図である。

【図18】実施例6に関する収差図である。

【図19】実施例6に関する収差図である。

【符号の説明】

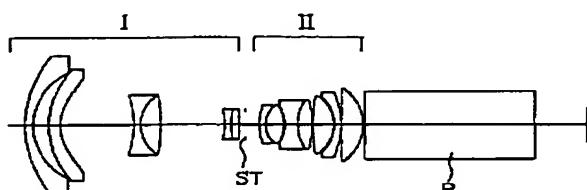
I 第1レンズ群

II 第2レンズ群

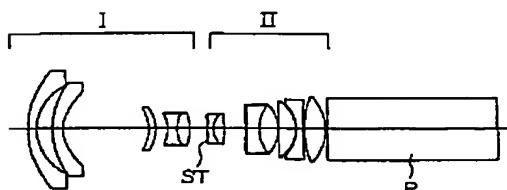
ST 絞り

P 色合成・色分離系のプリズム

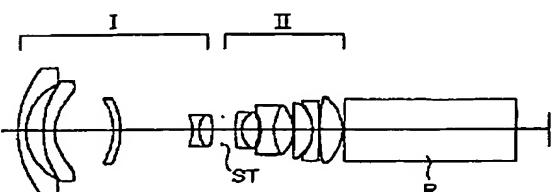
【図1】



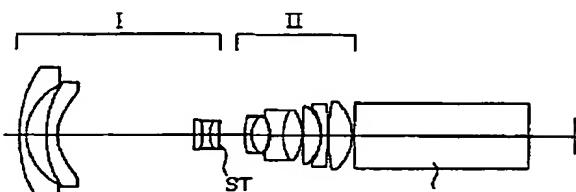
【図2】



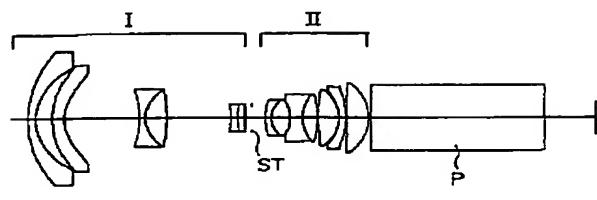
【図3】



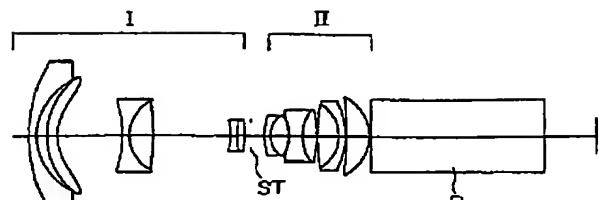
【図4】



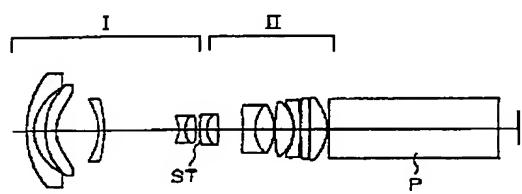
【図5】



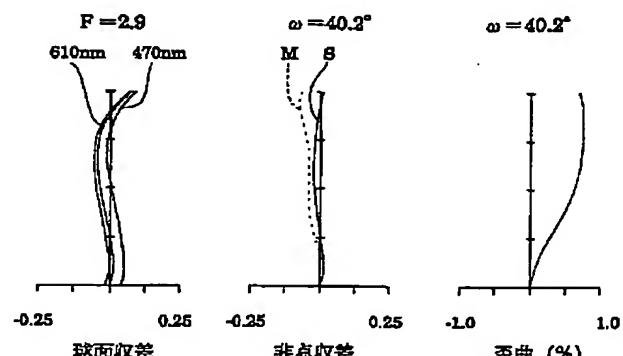
【図6】



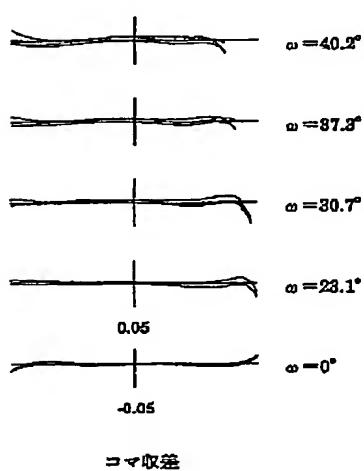
【図7】



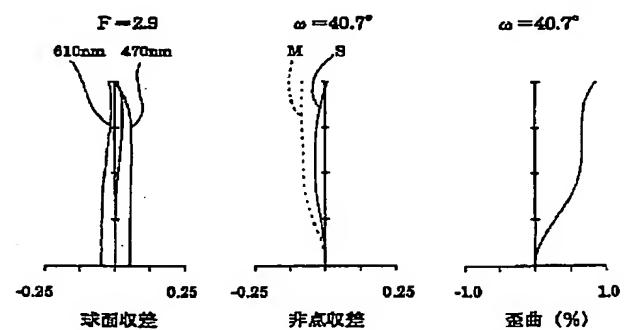
【図8】



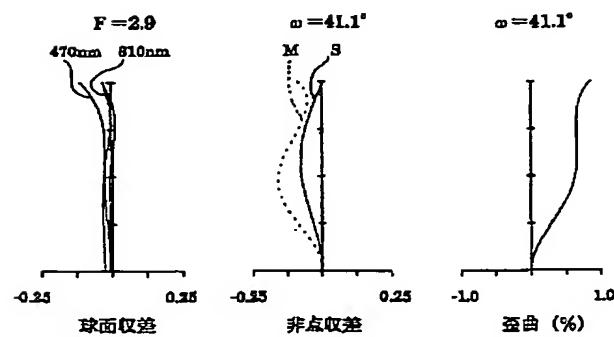
【図9】



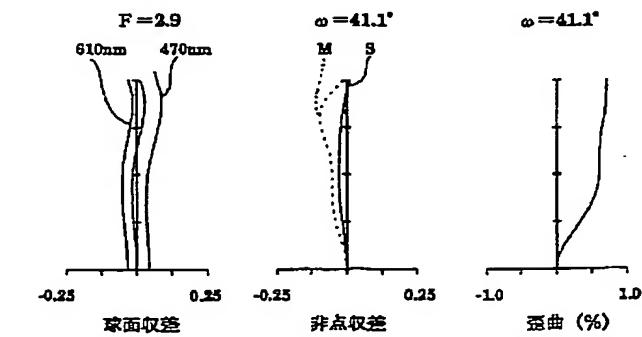
【図10】



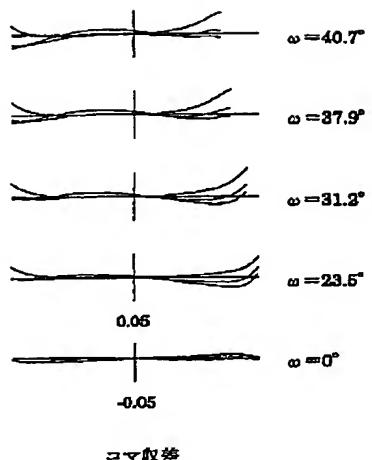
【図12】



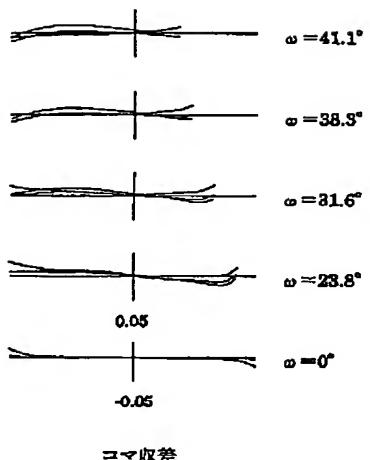
【図14】



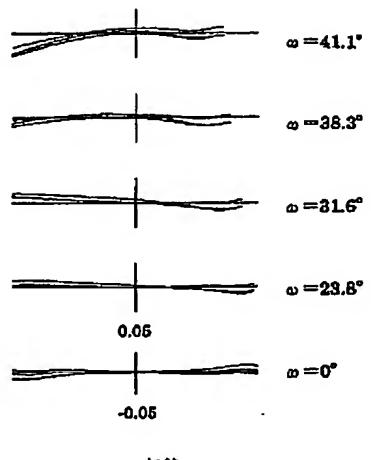
【図11】



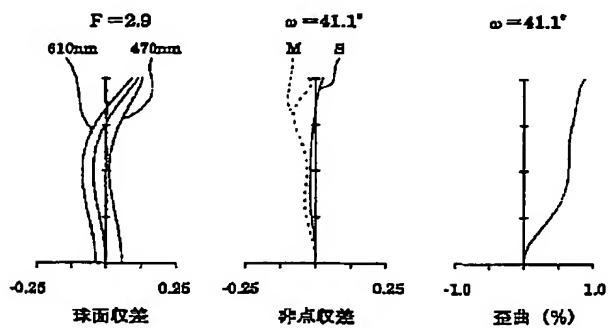
【図13】



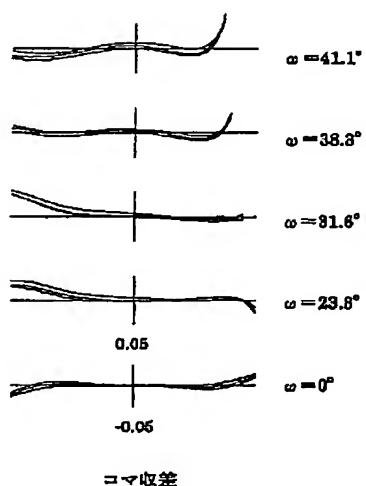
【図15】



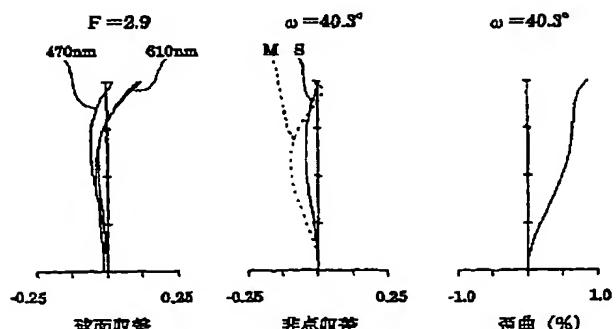
【図16】



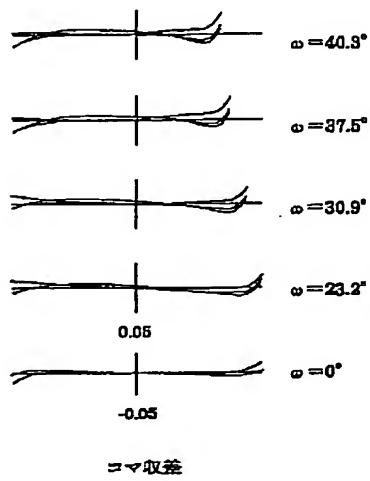
【図17】



【図18】



【図19】



△△収差